

Spis treści

Przedmowa	11
1. Wstęp	13
1.1. Cel i zakres pracy	13
1.2. Cele naukowe i użyteczne pracy	14
1.2.1. Cele naukowe pracy	14
1.2.2. Cele użyteczne pracy	14
1.3. Stan wiedzy w zakresie problematyki stanowiącej przedmiot pracy	15
1.3.1. Stan wiedzy w zakresie badań kanałów techniką wideo oraz klasyfikacji uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych	15
1.3.2. Stan wiedzy o technologiach oraz planowaniu bezwykopowej odnowy przewodów kanalizacyjnych	16
2. Analiza istniejących klasyfikacji i kryteriów klasyfikowania uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych oraz sposobów ustalania klas ich stanu technicznego	19
2.1. Polskie propozycje w zakresie klasyfikacji i kryteriów klasyfikowania uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych oraz sposobów ustalania klas ich stanu technicznego	19
2.2. Zagraniczne propozycje klasyfikacji i kryteriów klasyfikowania uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych oraz ustalania klas ich stanu technicznego	24
2.2.1. Klasyfikacja brytyjska	24
2.2.1.1. Opis klasyfikacji	24
2.2.1.2. Analiza i ocena klasyfikacji	27
2.2.2. Metoda duńska	30
2.2.3. Klasyfikacja firmy Kanal-Müller-Gruppe	31
2.2.4. Klasyfikacja stosowana w byłej NRD	31
2.2.5. Klasyfikacja hamburska	31
2.2.6. Klasyfikacja holenderska Rioned	33
2.2.7. Klasyfikacja zalecana obecnie w Niemczech	33
2.2.8. Klasyfikacja zalecana przez normę PN-EN 13508-2	36
2.3. Wnioski	37
3. Propozycja klasyfikacji uszkodzeń występujących w przewodach kanalizacyjnych	39
3.1. Uwagi wstępne	39
3.2. Założenia proponowanej klasyfikacji	39
3.2.1. Uwagi ogólne	39

3.2.2.	Propozycja klasyfikacji uszkodzeń hydrauliczno-eksploatacyjnych stwarzających utrudnienia w przepływie ścieków	42
3.2.3.	Propozycja klasyfikacji nieszczelności oraz przemieszczeń rur	46
3.2.4.	Propozycja klasyfikacji uszkodzeń zmniejszających nośność konstrukcji przewodów kanalizacyjnych	50
3.2.5.	Propozycja klasyfikacji specyficznych uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych podatnych	54
3.2.6.	Propozycja klasyfikacji przykanalików	56
3.3.	Propozycja karty danych o przewodzie kanalizacyjnym	57
3.4.	Uwagi dotyczące zaproponowanej klasyfikacji uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych	60
4.	Analiza wyników badań techniką wideo stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych	68
4.1.	Uwagi wstępne	68
4.1.1.	Opis stanowiska badawczego i trendów w zakresie rozwiązań kamer kanalizacyjnych	68
4.1.2.	Cel analizy wyników badań przewodów kanalizacyjnych techniką wideo	73
4.1.3.	Przedmiot i zakres badań	74
4.2.	Wyniki badań przewodów kanalizacyjnych techniką wideo	80
4.2.1.	Wyniki badań przewodów kanalizacyjnych kamionkowych sanitarnych	80
4.2.1.1.	Zbiorcze zestawienie wyników badań	80
4.2.1.2.	Zestawienie uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych z podziałem na klasy uszkodzeń	81
4.2.2.	Wyniki badań przewodów kanalizacyjnych betonowych sanitarnych	84
4.2.2.1.	Zbiorcze zestawienie wyników badań	84
4.2.2.2.	Zestawienie uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych z podziałem na klasy uszkodzeń	85
4.2.3.	Wyniki badań przewodów kanalizacyjnych betonowych ogólnospławnych	87
4.2.3.1.	Zbiorcze zestawienie wyników badań	87
4.2.3.2.	Zestawienie uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych z podziałem na klasy uszkodzeń	88
4.2.4.	Wyniki badań betonowych przewodów kanalizacyjnych deszczowych	91
4.2.4.1.	Zbiorcze zestawienie wyników badań	91
4.2.4.2.	Zestawienie uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych z podziałem na klasy uszkodzeń	92
4.2.5.	Łączne wyniki badań betonowych przewodów kanalizacyjnych	95
4.2.5.1.	Zbiorcze zestawienie wyników badań	95
4.2.5.2.	Zestawienie uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych z podziałem na klasy uszkodzeń	96
4.2.5.3.	Zestawienie różnic w wynikach badań w betonowych przewodach kanalizacyjnych sanitarnych, ogólnospławnych i deszczowych.	98
4.2.6.	Wyniki badań przewodów kanalizacyjnych z PVC	99
4.2.6.1.	Zbiorcze zestawienie wyników badań	99
4.2.6.2.	Zestawienie uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych z podziałem na klasy uszkodzeń	100
4.2.7.	Wnioski	102

4.3. Analiza uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych przyporządkowanych do grup: hydrauliczno-eksploatacyjnej, zagrożeń środowiska i bezpieczeństwa konstrukcji	108
4.3.1. Uwagi wstępne	108
4.3.2. Zestawienie wyników badań	109
4.3.2.1. Uszkodzenia przewodów kanalizacyjnych ujęte grupie hydrauliczno-eksploatacyjnej	109
4.3.2.2. Uszkodzenia przewodów kanalizacyjnych ujęte w grupie zagrożeń środowiska	110
4.3.2.3. Uszkodzenia przewodów kanalizacyjnych ujęte w grupie bezpieczeństwa konstrukcji	111
4.3.3. Wnioski	112
4.4. Wstępna analiza pilności odnowy przewodów kanalizacyjnych na poszczególnych odcinkach z uwzględnieniem wyłącznie ich stanu technicznego dla zaproponowanych trzech kryteriów	115
4.4.1. Uwagi wstępne	115
4.4.2. Analiza pilności odnowy zbadanych przewodów kanalizacyjnych przy uwzględnieniu wyłącznie ich stanu technicznego	115
1.1.1.1. Analiza pilności odnowy przewodów kanalizacyjnych kamionkowych	115
1.1.1.2. Analiza pilności odnowy betonowych przewodów kanalizacyjnych sanitarnych	116
1.1.1.3. Analiza pilności odnowy betonowych przewodów kanalizacyjnych ogólnospławnych	117
1.1.1.4. Analiza pilności odnowy betonowych przewodów kanalizacyjnych deszczowych	118
1.1.1.5. Analiza pilności odnowy betonowych przewodów kanalizacyjnych łącznie, tj. sanitarnych, ogólnospławnych i deszczowych	118
1.1.1.6. Analiza pilności odnowy przewodów kanalizacyjnych z rur PVC	119
4.4.3. Wnioski	120
4.5. Analiza stanu technicznego przykanalików podłączonych do zbadanych kanałów	122
4.5.1. Wyniki badań przykanalików	122
4.5.2. Wnioski	123
4.6. Analiza wyników innych badań przewodów kanalizacyjnych wykonanych techniką wideo	124
4.6.1. Wyniki badań krajowych	124
4.6.2. Wyniki zagraniczne badań przewodów kanalizacyjnych techniką wideo	127
4.6.3. Wnioski wynikające z analizy porównawczej wyników badań przewodów kanalizacyjnych techniką wideo wykonanych w kraju i za granicą	133
5. Przyczyny i konsekwencje występowania uszkodzeń w przewodach kanalizacyjnych	136
5.1. Uwagi wstępne	136
5.2. Przyczyny i konsekwencje wystąpienia przeszkód w przepływie ścieków	136
5.2.1. Przyczyny występowania przeszkód w przepływie ścieków	136

5.2.2.	Konsekwencje wystąpienia przeszkód w przepływie ścieków	137
5.3.	Przyczyny i konsekwencje wystąpienia nieszczelności w przewodach kanalizacyjnych	138
5.3.1.	Przyczyny występowania nieszczelności w przewodach kanalizacyjnych	138
5.3.2.	Konsekwencje wystąpienia nieszczelności	139
5.4.	Przyczyny i konsekwencje wystąpienia przemieszczeń rur	140
5.4.1.	Przyczyny wystąpienia przemieszczeń rur	140
5.4.2.	Konsekwencje wystąpienia przemieszczeń rur	140
5.5.	Uszkodzenia zmniejszające nośność konstrukcji przewodów kanalizacyjnych	141
5.5.1.	Przyczyny wystąpienia uszkodzeń zmniejszających nośność konstrukcji przewodów kanalizacyjnych	141
5.5.2.	Konsekwencje wystąpienia uszkodzeń zmniejszających nośność konstrukcji	142
5.6.	Specyficzne uszkodzenia występujące wyłącznie w przewodach kanalizacyjnych z rur podatnych	144
5.6.1.	Przyczyny wystąpienia uszkodzeń specyficznych dla przewodów kanalizacyjnych podatnych	144
5.6.2.	Konsekwencje wystąpienia uszkodzeń specyficznych dla przewodów kanalizacyjnych podatnych	145
5.7.	Wnioski	145
6.	Matematyczny model planowania bezwykopowej odnowy przewodów kanalizacyjnych	147
6.1.	Uwagi wstępne	147
6.2.	Wielkości wejściowe	149
6.2.1.	Wielkości wejściowe uzyskane z badań przewodu kanalizacyjnego techniką wideo dotyczące jego stanu technicznego	149
6.2.2.	Wielkości wejściowe nie związane ze stanem technicznym przewodu kanalizacyjnego	150
6.3.	Wielkości wyjściowe	152
6.4.	Założenia	154
6.5.	Kryteria planowania odnowy przewodów kanalizacyjnych	156
6.6.	Zapis matematyczny modelu	156
6.7.	Wnioski	159
7.	Bezwykopowe technologie odnowy przewodów kanalizacyjnych i zasady ich doboru	161
7.1.	Uwagi wstępne	161
7.2.	Bezwykopowe technologie odnowy przewodów kanalizacyjnych	161
7.2.1.	Bezwykopowe technologie naprawy i uszczelnień przewodów kanalizacyjnych	161
7.2.2.	Bezwykopowe technologie renowacji przewodów kanalizacyjnych	162
7.2.3.	Bezwykopowe technologie rekonstrukcji przewodów kanalizacyjnych	162
7.2.4.	Bezwykopowe technologie wymiany przewodów kanalizacyjnych	163
7.3.	Zasady doboru bezwykopowych technologii odnowy przewodów kanalizacyjnych	163
7.4.	Uwagi końcowe	165

8. Weryfikacja numeryczna modelu matematycznego planowania bezwykopowej odnowy przewodów kanalizacyjnych na wybranych przykładach	166
8.1. Uwagi wstępne	166
8.2. Przykład nr 1 dotyczący przewodu kanalizacyjnego betonowego ogólnospławnego ϕ 400 mm	166
8.2.1. Uwagi wstępne	166
8.2.2. Określenie klas uszkodzeń dla odcinka przewodu kanalizacyjnego w oparciu o wyniki jego badań techniką wideo	167
8.2.3. Określenie klas pilności odnowy przewodu kanalizacyjnego w oparciu o model matematyczny	169
8.2.4. Dobór bezwykopowej technologii odnowy przewodu kanalizacyjnego	169
8.3. Przykład nr 2 dotyczący przewodu kanalizacyjnego betonowego sanitarnego ϕ 300 mm	170
8.3.1. Uwagi wstępne	170
8.3.2. Określenie klas uszkodzeń dla odcinka przewodu kanalizacyjnego w oparciu o wyniki jego badań techniką wideo	170
8.3.3. Określenie klas pilności odnowy przewodu kanalizacyjnego w oparciu o model matematyczny	172
8.3.4. Dobór bezwykopowej technologii odnowy przewodu kanalizacyjnego	173
8.4. Przykład nr 3 dotyczący przewodu kanalizacyjnego betonowego sanitarnego ϕ 200 mm	174
8.4.1. Uwagi wstępne	174
8.4.2. Określenie klasy uszkodzeń w oparciu o wyniki badań stanu technicznego przewodu kanalizacyjnego techniką wideo	174
8.4.3. Określenie klas pilności odnowy przewodu kanalizacyjnego w oparciu o model matematyczny	174
8.4.4. Dobór bezwykopowej technologii odnowy przewodu kanalizacyjnego	176
8.5. Przykład nr 4 dotyczący przewodu kanalizacyjnego kamionkowego sanitarnego ϕ 400 mm	177
8.5.1. Uwagi wstępne	177
8.5.2. Określenie klasy uszkodzeń dla odcinka przewodu kanalizacyjnego w oparciu o wyniki jego badań techniką wideo	177
8.5.3. Określenie klas pilności odnowy przewodu kanalizacyjnego w oparciu o model matematyczny	179
8.5.4. Dobór bezwykopowej technologii odnowy przewodu kanalizacyjnego	180
8.6. Przykład nr 5 dotyczący kanału kamionkowego sanitarnego ϕ 400 mm	181
8.6.1. Uwagi wstępne	181
8.6.2. Określenie klasy uszkodzeń dla odcinka przewodu kanalizacyjnego w oparciu o wyniki jego badań techniką wideo	181
8.6.3. Określenie klas pilności odnowy przewodu kanalizacyjnego w oparciu o model matematyczny	183
8.6.4. Dobór bezwykopowej techniki odnowy przewodu kanalizacyjnego	184
8.7. Przykład nr 6 dotyczący przewodu kanalizacyjnego kamionkowego sanitarnego ϕ 400 mm	186
8.7.1. Uwagi wstępne	186
8.7.2. Określenie klas uszkodzeń dla odcinka przewodu kanalizacyjnego w oparciu o wyniki jego badań techniką wideo	186

8.7.3. Określenie klas pilności odnowy przewodu kanalizacyjnego w oparciu o model matematyczny	188
8.7.4. Dobór bezwykopowej technologii odnowy przewodu kanalizacyjnego . .	188
8.8. Przykład nr 7 dotyczący przewodu kanalizacyjnego żelbetowego ogólnospławnego ϕ 600 mm	189
8.8.1. Uwagi wstępne	189
8.8.2. Określenie klas uszkodzeń dla odcinka przewodu kanalizacyjnego w oparciu o wyniki jego badań techniką wideo	190
8.8.3. Określenie klas pilności odnowy przewodu kanalizacyjnego w oparciu o model matematyczny	192
8.8.4. Dobór bezwykopowej technologii odnowy przewodu kanalizacyjnego . .	192
8.9. Przykład nr 8 dotyczący przewodu kanalizacyjnego kamionkowego sanitarnego ϕ 250 mm	194
8.9.1. Uwagi wstępne	194
8.9.2. Określenie klasy uszkodzeń dla odcinka przewodu kanalizacyjnego w oparciu o wyniki jego badań techniką wideo	194
8.9.3. Określenie klas pilności odnowy przewodu kanalizacyjnego w oparciu o model matematyczny	196
8.9.4. Dobór bezwykopowej technologii odnowy przewodu kanalizacyjnego . .	197
8.10. Przykład nr 9 dotyczący przewodu kanalizacyjnego żelbetowego deszczowego ϕ 1000 mm	198
8.10.1. Uwagi wstępne	198
8.10.2. Określenie klas uszkodzeń dla odcinka przewodu kanalizacyjnego w oparciu o wyniki jego badań techniką wideo	199
8.10.3. Określenie klas pilności odnowy przewodu kanalizacyjnego w oparciu o model matematyczny	199
8.10.4. Dobór bezwykopowej techniki odnowy kanału	201
8.11. Uwagi końcowe	203
9. Wnioski końcowe	204
Literatura	209